

AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos: uma visão geral da literatura científica internacional

SEA in water resources planning and management: an overview of international scientific literature

Simone Mendonça dos Santos¹ , Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo² 

¹Universidade Federal do Paraná – UFPR, Pontal do Paraná, PR, Brasil. E-mail: sms@alumni.usp.br

²Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: amariliscasteli@usp.br

³Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, SP, Brasil.

Como citar: Santos, S. M., & Gallardo, A. L. C. F. (2024). AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos: uma visão geral da literatura científica internacional. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 21, e8. <https://doi.org/10.21168/rega.v21e8>

RESUMO: Reconhecendo a crescente aplicação da AAE e seus potenciais benefícios para a gestão integrada dos recursos hídricos, o presente artigo teve como objetivo analisar o estado da arte de aplicação da AAE como instrumento de gestão integrada dos recursos hídricos, identificando as principais ferramentas analíticas empregadas. Para tanto, utilizou-se de revisão sistemática da literatura para estruturar uma base de referência contendo artigos científicos publicados no período de 1992 a 2023. Os resultados demonstram que a AAE voltada ao planejamento e gestão dos recursos hídricos pode contar com um conjunto amplo de ferramentas analíticas, com contribuições em quase todas as etapas do processo. Além disso, a análise multicritério, com destaque para o método AHP, é a ferramenta analítica mais descrita na literatura relacionada à AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos. A ferramenta tem contribuições descritas nas etapas de estudos e análise da base ambiental, descrição e análise de cenários e alternativas e; descrição de medidas de mitigação e monitoramento.

Palavras-chave: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos; Ferramentas Analíticas; Avaliação Ambiental Estratégica.

ABSTRACT: Recognizing the growing application of SEA and its potential benefits for the integrated management of water resources, this article aimed to analyze the state of the art in the application of SEA as an instrument for the integrated management of water resources, identifying the main analytical tools used. To this end, a systematic literature review was used to structure a reference base containing scientific articles published from 1992 to 2023. The results demonstrate that SEA focused on planning and managing water resources can use a broad of analytical tools, with contributions at all stages of the process. Furthermore, multi-criteria analysis, with emphasis on the AHP method, is an analytical tool most described in the literature. The tool has contributions described in following stages: baseline description; scenarios and alternatives analysis and impact mitigation and monitoring.

Keywords: integrated water resources management; analytical tools; strategic environmental assessment.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural com múltiplos usos, essencial à vida humana e aos ecossistemas, características que, em conjunto com a dimensão econômica de algumas dessas utilizações (como a hidroeletricidade, a irrigação, a navegação, o turismo e o lazer), constituem fatores de conflito entre seus usuários, demandando, portanto, um tratamento especial à gestão da água (Braga et al., 2009). Além disso, a escassez de recursos hídricos, em qualidade e quantidade, já é realidade em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento (Elabras Veiga & Magrini, 2013), sendo as atividades humanas, ao lado das causas naturais, os principais fatores de pressão sobre os sistemas de água em todo mundo (Organization for Economic Cooperation and Development, 1993).

Assim, as últimas décadas foram marcadas por um movimento mundial no sentido da revisão dos quadros legislativos e inserção de novas estruturas institucionais e instrumentos para a gestão integrada dos recursos hídricos (Elabras Veiga & Magrini, 2013). Segundo Liu & Speed (2009), no cerne desse processo estava a necessidade que os responsáveis políticos tinham, e ainda têm, de encontrar o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e proteção dos recursos hídricos, de modo a maximizar o valor dos bens existentes, promovendo a sustentabilidade na utilização dos recursos hídricos.

Nesse contexto, como uma abordagem mais ampla da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) surgiu da necessidade de adoção de abordagens participativas

Recebido: Novembro 22, 2023. Revisado: Fevereiro 28, 2024. Aceito: Maio 21, 2024.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

e transparentes, em relação à tomada de decisão, associando desenvolvimento econômico, equidade social e preservação ambiental de modo equilibrado, reforçando assim o conceito de desenvolvimento sustentável (Espinosa, 1996).

A AAE pode ser definida como um instrumento de caráter prévio, cujo propósito é minimizar os impactos negativos e potencializar os impactos positivos das ações estratégicas no meio ambiente, por meio da inserção de princípios de sustentabilidade ambiental à tomada de decisão estratégica (Dalal-Clayton & Sadler, 2005).

De prática reconhecida internacionalmente, a AAE não foi regulamentada no Brasil. Contudo, a aplicação da AAE no processo de concepção de Planos de Bacia Hidrográfica (PBHs) é praticada na União Europeia, tanto em função da Diretiva Europeia sobre AAE, que determina a avaliação ambiental dos efeitos de planos e programas relacionados à gestão da água sobre o ambiente, como da Diretiva Quadro sobre a água (DQA) (2000/60/EC), que sugere a utilização do instrumento ao definir que os PBHs devem ser elaborados considerando-se as características ambientais de sua área de abrangência, a revisão dos impactos ambientais de origem antrópica sobre a qualidade das águas e as influências da legislação vigente no alcance de seus objetivos (Arce & Gullón, 2000; Carter & Howe, 2006).

Na França, cujo sistema de gestão dos recursos hídricos é tido como referência em inúmeros países com diferentes regimes de governo e configurações Político-administrativas, incluindo o Brasil (Lanna et al., 2012; Machado, 2003), a AAE promove a integração sistemática da variável ambiental no planejamento dos recursos hídricos, com abordagens que favorecem a articulação entre as estratégias de desenvolvimento setorial e regional (Santos et al., 2020). Desse modo, os planos de recursos hídricos submetidos à AAE tendem a apresentar uma abordagem mais estratégica, que considera tanto os objetivos de qualidade hídrica quanto as decisões setoriais posteriores (Duarte et al., 2022).

Reconhecendo a crescente aplicação da AAE e seus potenciais benefícios para a gestão integrada dos recursos hídricos (Carter & Howe, 2006; McNally, 2009), o presente artigo teve como objetivo analisar o estado da arte de aplicação da AAE como instrumento de gestão integrada dos recursos hídricos, identificando as principais ferramentas analíticas empregadas, de forma a subsidiar a futura construção de abordagem de AAE compatível com o processo de elaboração de planos de bacia hidrográfica no Brasil.

Vale destacar que, as decisões sobre os usos dos recursos hídricos apresentam efeitos socioambientais diretos e indiretos que recaem sobre outros setores estratégicos como, por exemplo, o de uso e ocupação do solo. Tais consequências necessitam ser previamente identificadas e a AAE possui potencial para auxiliar neste processo (Vicente & Méndez, 2015). Além disso, a importância estratégica do setor de recursos hídricos e os princípios que regem seus instrumentos reforçam o potencial que a AAE tem de contribuir para o setor (Arce & Gullón, 2000; Carter & Howe, 2006; Santos et al., 2020).

2 METODOLOGIA

Para a estruturação de uma base de referência analítica, realizou-se pesquisa por palavras-chave na base de dados Scopus®, que além de ser considerada a maior base de dados de documentos científicos de referência do mundo (Elsevier, 2023), contempla apenas a literatura acadêmica, com índice de citações amplamente utilizado no meio acadêmico (Fischer & Onyango, 2012), contribuindo para uma pesquisa mais focada e precisa.

Assim, após avaliação de alguns termos de busca, foram utilizados os termos: “strategic environmental assessment” AND “water resources” para pesquisa, limitada ao título resumo ou palavras-chave dos documentos, na referida base de dados. Dessa forma, em busca realizada em 27 de novembro de 2023, 61 documentos, entre eles capítulos de livros e publicações em anais de congressos científicos, foram identificados. Contudo, buscando a utilização de periódicos revisados por pares, aplicou-se filtro no tipo de documento recuperado, de modo a limitar os resultados a artigos científicos. Ao final desses procedimentos, foram recuperados 42 artigos científicos.

Após a leitura dos resumos dos 42 artigos, observou-se que a pesquisa realizada por meio de palavras-chave não resultou em uma visão geral confiável da literatura, dado que nem todos os artigos pré-selecionados abordavam a AAE como instrumento de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Assim, embora por vezes relacionados, muitos artigos abordavam as iniciativas práticas de planejamento e gestão dos recursos hídricos sem considerar a AAE, ou abordavam a AAE sem contemplar o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Após o descarte dos artigos não relacionados ao tema da pesquisa, foi possível estruturar uma base de referência contendo 19 artigos científicos.

Posteriormente, realizou-se análise de conteúdo de todos os artigos da base de referência estruturada, contemplando os seguintes aspectos: (I) detalhes da publicação, incluindo ano e nome dos autores; (II) setor de desenvolvimento contemplado, incluindo recursos hídricos, gestão de bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, saneamento, indústria, agricultura e desenvolvimento

econômico e social; (III) país/união política de aplicação e status de desenvolvimento; (IV) métodos, técnicas e procedimentos empregados ou preconizados; (V) escala de planejamento adotada ou sugerida, a saber: nacional, regional (regiões ou bacia hidrográfica) ou local (município/distrito). Por fim, independentemente do método de pesquisa empregado, buscou-se em todos os artigos revisados identificar ferramentas analíticas utilizadas no desenvolvimento das etapas sequenciais básicas da AAE, classificando-as segundo sua natureza mais técnica ou participativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ESTADO DA ARTE AAE NO PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – ANÁLISE DOCUMENTAL

A revisão sistemática da literatura possibilitou a estruturação de um painel de referências internacionais contendo 19 artigos científicos (Quadro 1), distribuídos entre os anos 1992 e 2017. Os artigos foram publicados em 15 periódicos diferentes, com destaque para a *Journal of Environmental Management*, periódico que apresentou três publicações; o periódico *Environmental Impact Assessment Review* apresentou duas publicações e os outros nove periódicos apresentaram apenas uma publicação (Figura 1).

Quadro 1. Artigos científicos que integraram a base de referência teórico-conceitual

	Ano de publicação	Título do artigo original	Autores	País (es) ou União Política
1	1992	Strategic environmental assessment and the water environment	Gardiner (1992)	Reino Unido
2	1994	Sustainable Development for River Catchments	Gardiner (1994)	Inglaterra
3	2005	Biodiversity considerations in strategic environmental assessment: A case study of the Nepal Water Plan	Uprety (2005)	Nepal
4	2005	Integrated Evaluation of Egypt's Water Resources Plans	Nardini & Fahmy (2005)	Egito
5	2006	The Water Framework Directive and the Strategic Environmental Assessment Directive: Exploring the linkages	Carter & Howe (2006)	Reino Unido
6	2007	DRAINFRAME as a tool for Integrated Strategic Environmental Assessment: Lessons from practice	Slootweg et al. (2007)	Egito/Paquistão
7	2009	Community-based approaches to strategic environmental assessment: Lessons from Costa Rica	Sinclair et al. (2009)	Costa Rica
8	2009	Overview of the UE water framework directive and its implementation in Ireland	McNally (2009)	Irlanda
9	2010	Chinese Strategic Environmental Assessment system and its application in water resources development plan of the Yellow River	Ouyang et al. (2010)	China
10	2011	Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes. A case study in semi-arid region of Brazil	Garfi et al. (2011)	Brasil
11	2013	Jumpstarting post-conflict strategic water resources protection from a changing global perspective: Gaps and prospects in Afghanistan	Habib et al. (2013)	Afganistão
12	2013	Strategic environmental assessment for watershed management plans	Pizella & Souza (2013)	Brasil
13	2016	From mitigation to sustainability: The evolution of incorporating environmental factors into development decisions in Australasia	Jenkins (2016)	Austrália/ Nova Zelândia/ Nova Guiné
14	2017	Application of the WEAP model in strategic environmental assessment: Experiences from a case study in an arid/semi-arid area in China	Gao et al. (2017)	China
15	2018	Relevance of strategic environmental assessment to Rio Grande basin management	Ávila et al. (2018)	Brasil
16	2019	Stakeholders Perspectives on the Use of Indicators in Water Resources Planning and Related Strategic Environmental Assessment	Coelho et al. (2019)	Portugal
17	2020	The integrated management of water resources in the regulation of the waters. Identification and advances proposal starting from in force instruments	Calderón (2020)	Chile
18	2021	Multi-criteria analysis for selection of priority management programs for the Japarutuba river basin, SE, Brazil	Santos et al. (2021)	Brasil
19	2022	Contributions of the French Strategic Environmental Assessment to Brazilian planning in water source areas: The Billings Reservoir sub-basin case	Grigoletto Duarte et al. (2022)	Brasil

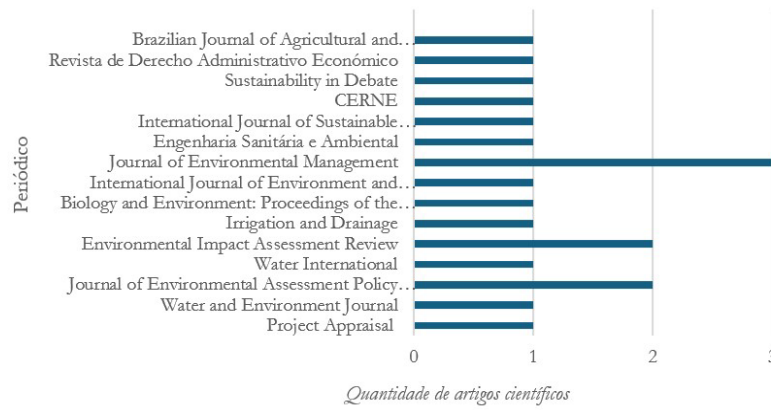


Figura 1. Distribuição dos artigos da base de referência segundo periódico de publicação

Os artigos refletem estudos que tomaram como referência práticas de AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos de diversos países e/ou união política (Figura 2). No que diz respeito ao desenvolvimento socioeconômico, 12 artigos retratavam aplicações em países em desenvolvimento e os outros sete, em países desenvolvidos.

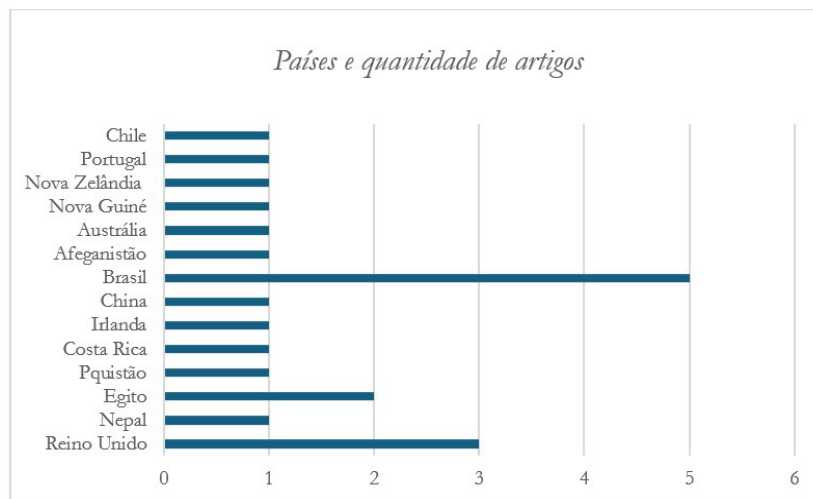


Figura 2. Países com iniciativas de AAE no planejamento e gestão de recursos hídricos abordados pela base de referência

O setor de recursos hídricos foi o setor de desenvolvimento mais abordado pela base de referência, sendo, conforme Figura 3, objeto de estudo de 12 artigos. Em relação à escala de planejamento adotada, identificou-se a predominância da escala regional, contemplada em 16 artigos; seguida da escala nacional, contemplada em quatro artigos, e da escala transnacional que não foi contemplada em nenhum artigo.



Figura 3. Setores de desenvolvimento abordados pela base de referência

Em relação à escala de planejamento adotada, verificou-se que a escala regional foi a mais utilizada nas discussões e estudos de caso apresentados nos artigos científicos revisados, sendo a bacia hidrográfica a unidade de referência (Figura 4). A baixa quantidade de estudos voltados para escala local evidencia uma lacuna descrita na literatura referente à Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH): a integração entre o planejamento de uso do solo, cuja escala de referência é a local, e o de recursos hídricos (Montaño & Souza, 2016), atuando tanto na gestão da oferta quanto na gestão da demanda (Santos et al., 2020). Conforme Vargas (1999), o conceito mais amplo de proteção dos recursos hídricos, incorporado apenas recentemente nas agendas ambientais dos países desenvolvidos, considera uma política mais restritiva de ocupação do solo, orientada por uma lógica de conservação dos recursos hídricos, proteção e recuperação dos mananciais.

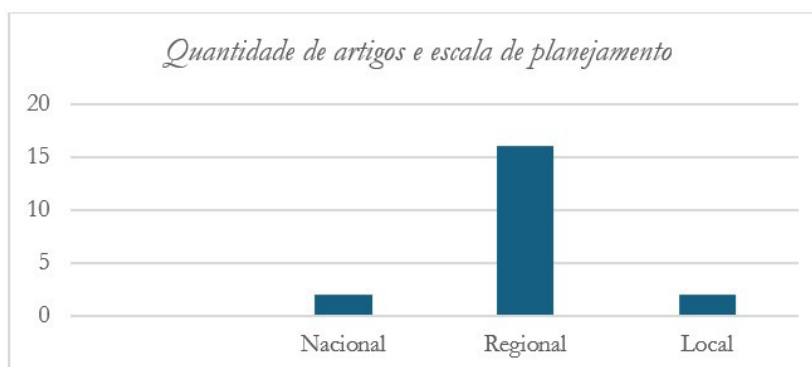


Figura 4. Escalas de planejamento adotadas nos artigos científicos da base de referência

Contudo, embora a GIRH seja ainda um desafio (Lieverink et al., 2011), principalmente em países em desenvolvimento (Slootweg et al., 2007), o planejamento estratégico do uso dos recursos hídricos por meio de AAE, é procedimento adotado em diversos setores de desenvolvimento. Gardiner (1992), por exemplo, discute a ampliação do escopo das avaliações ambientais no Reino Unido para além dos projetos individuais. Com atuação na *National River Authority* (NRA), o autor, há época, defendia a AAE como um mecanismo de avaliação, potencialmente auditável por meio de indicadores de sustentabilidade, de propostas de investimentos que afetam o ambiente aquático. Gardiner (1992) sugere, portanto, a aplicação do instrumento em planos de gestão de hidrográfica, no âmbito da NRA. Em sua análise, entre os potenciais benefícios da ampliação do escopo da AIA de projeto por meio da AAE, o autor destaca: a maior segurança de investimentos para projetos de outros setores relacionados, os *“nesting projects”* (uso do solo, saneamento, agricultura, reflorestamento, entre outros), uma vez que as demandas setoriais já teriam sido incorporadas em escalas mais amplas de planejamento e; o desenvolvimento de planos ambientalmente orientados e contexto-específicos.

Em um cenário pós “Water Act (1989)”, de privatização dos serviços de saneamento e redistribuição de competências institucionais entre a NRA e as autoridades locais, Gardiner (1994) afirma que a utilização sustentável dos recursos hídricos traz desafios aos profissionais envolvidos com a gestão e planejamento coordenado ao nível da bacia hidrográfica. Tendo como referência a experiência na bacia do Rio Tâmsa, em Londres-Inglaterra, o autor entende que a articulação entre o planejamento de uso e ocupação do solo e o planejamento dos recursos é prioritária. Além disso, destaca a necessidade de adoção de instrumentos econômicos e ambientais, evidenciando, no caso dos instrumentos ambientais, o potencial das AAEs de PBHs.

Nesse sentido, o Gardiner (1994) destaca que, para além da inserção variável ambiental e da perspectiva da sustentabilidade no planejamento dos recursos hídricos, as AAEs de PBHs poderiam contribuir para a integração das demandas evidenciadas nos planos de desenvolvimento dos setores agrícola e de uso e ocupação do solo, a partir da discussão em um contexto regional de tomada de decisão.

Destacando a estreita relação entre as estratégias de desenvolvimento e os impactos sobre a biodiversidade, Uprety (2005) utiliza-se do caso do Plano de Água do Nepal para discutir as contribuições da AAE nesse sentido. Após descrição de processo de AAE cujas principais ferramentas analíticas utilizadas na previsão e identificação de impactos ambientais foram *checklists*, matrizes de interação e consultas *ad-hoc*, o autor discute a habilidade limitada dos tomadores de decisão para a inclusão da biodiversidade na AAE, prevendo o potencial benefício da AAE para as avaliações de impacto de projetos subsequentes, que, neste caso, seriam simplificadas, devido à transferência,

deliberada ou não, de informações da AAE do Plano de água para as avaliações de impacto dos projetos que dele derivam.

Com o objetivo de dar suporte à AAE dos Planos de Recursos Hídricos do Egito, Nardini & Fahmy (2005), desenvolveram um protótipo de Sistema de Suporte à Decisão (SSD) cujo objetivo principal é promover uma avaliação integrada das alternativas de planejamento dos recursos hídricos,, considerando-se os atributos dinâmicos dos sistemas socioeconômico e ambiental do Egito, ligados aos recursos hídricos e o uso da terra.

Ao viabilizar a projeção e avaliação do comportamento do sistema hídrico do Egito, a partir da análise: (i) de indicadores físicos, (ii) de indicadores de qualidade de vida das comunidades afetadas e (iii) do desempenho do sistema em relação aos objetivos estratégicos de longo prazo, o referido SSD pode ser utilizado tanto em AAEs de base estratégica (*strategic-based*) quanto em AAEs mais programáticas (*EIA-based*).

Nesse sentido, importante destacar que, enquanto as abordagens *strategic-based* adotam a lógica do planejamento e avaliação de políticas públicas, identificando necessidades e opções de desenvolvimento, na perspectiva da sustentabilidade, as abordagens *EIA-based* priorizam o levantamento de informações, a comparação de alternativas e a proposição de medidas de mitigação dos impactos negativos (Partidário, 2007).

Segundo os autores, entre os principais diferenciais do modelo, destacam-se:

- A simulação focada na evolução temporal do sistema, e não apenas no desempenho ao final do horizonte de planejamento, como se observa nas principais ferramentas disponíveis;
- A consistência na comparação de alternativas, dada a ampla construção de cenários alternativos, específicos para cada variável exógena não controlável, associados a um simulador que integra outros modelos de SSD para temas específicos (disponibilidade e demanda hídrica, capacidade de armazenamento, evolução demográfica, padrão de cultivo em terras agriculturáveis, dentre outros) já disponíveis nos sistemas egípcios de gestão integrada dos recursos hídricos;
- A avaliação integrada em três níveis: técnico (sem juízo de valor, com a identificação das variáveis responsáveis pelas falhas e sucesso do sistema nos casos analisados), comunitário (uma medida da satisfação de grupos-alvo, como agricultores, ambientalistas e cidadãos comuns, com relação às questões de recursos hídricos, baseada em sistema de valores construído por meio de pesquisa de campo) e estratégico (com auxílio de uma metodologia multicritério de apoio à decisão, as alternativas do plano de recursos hídricos são comparadas, identificando-se aquelas que atendam ao maior número de requisitos ambientais, sociais e econômicos).

A despeito do grande volume de informações necessárias para a calibragem e utilização do modelo e da carência de dimensão participativa, Nardini & Fahmy (2005) enfatizam o grande potencial do SSD como ferramenta analítica em AAE, cujo valor agregado é a abordagem sistêmica e a visão holística que proporciona, juntamente com a capacidade de organizar as informações relevantes de forma estruturada, visando a avaliação integrada de planos alternativos.

Carter & Howe (2006) analisaram as interações entre a Diretiva Quadro da Água - DQA (2000/60/EC) e a Diretiva sobre AAE (2001/42/EC), tendo como objeto de discussão a AAE dos Planos de Bacia Hidrográfica (PBH) do Reino Unido. Os autores destacam a importância da articulação entre os PBH e os planos de uso e ocupação do solo para o alcance dos objetivos da DQA, sugerindo que, para além da avaliação dos efeitos ambientais dos PBH, a AAE promove a integração de objetivos estratégicos e de sustentabilidade, relacionados à busca do "bom estado" ecológico das águas, incentivando o uso sustentável dos recursos hídricos por: (I) reforçar o conteúdo dos PBH numa perspectiva de sustentabilidade; (II) melhorar a qualidade e a disponibilidade de dados de linha de base ambiental, com benefícios para o sistema de planejamento e gestão como um todo; (III) possibilitar procedimentos integrados de consulta e participação pública; (IV) propor procedimentos de monitoramento e; (V) incentivar a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Slootweg et al. (2007) discutiram o potencial do Drainage Integrated Analytical Framework - DRAINFRAME, desenvolvido pelo Banco Mundial, como ferramenta capaz de abordar questões essenciais ao desenvolvimento de estratégias de gestão integrada de recursos hídricos, contribuindo tanto para a avaliação em níveis mais estratégicos (quando as alternativas de ação ainda não foram definidas), quanto para a comparação e avaliação de alternativas de ação ao nível de planos e programas de gestão dos recursos hídricos.

Trate-se de um SSD que segue uma lógica baseada na utilização da paisagem como elemento de análise, sendo estas combinações específicas de recursos naturais; na multifuncionalidade dos recursos naturais, de forma que, cada paisagem tem muitas funções que provavelmente mudarão se

os recursos forem alterados devido à exploração e, portanto, a gestão de recursos terá um impacto sobre todas as partes interessadas; na possibilidade de troca de recursos entre as paisagens; no entendimento de que o valor atribuído pela sociedade a determinado recurso pode mudar ao longo do tempo e; na premissa de que a análise dos problemas existentes na gestão de recursos ou a avaliação dos impactos das intervenções planejadas para o setor devem, primeiramente, mapear as muitas funções dos recursos naturais, seus stakeholders e valores vinculados pelas partes interessadas e, posteriormente, quantificar as cadeias de causa-efeito-impacto existentes.

Assim, por meio de descrição e análise de 3 casos de aplicação do modelo: (I) a análise das oportunidades e desafios da área de comando da Mahmoudiya – Egito, no contexto do Projeto Integrado de Melhoria e Gerenciamento da Irrigação; (II) a avaliação preliminar das questões prioritárias da sub-bacia do Kotri, na margem esquerda do rio Indus, no contexto de elaboração do Plano Diretor de Drenagem do Paquistão e; (III) avaliação de uma estratégia público-privada de conservação e reabilitação da Irrigação na região oeste do delta do Nilo-Egito, os autores concluem pela utilidade do modelo em análises integradas das ações de gerenciamento ao nível da bacia hidrográfica, em uma lógica completamente compatível com o processo de AAE que, idealmente, deve ser acompanhada de uma análise prévia das principais oportunidades e desafios existentes antes da total definição das alternativas de ação.

Slootweg et al. (2007) destacam a importância do envolvimento da sociedade nas avaliações apoiadas pelo DRAINFRAME, entendendo que nos estágios iniciais do desenvolvimento dos planos, atores sociais como órgãos governamentais e órgãos representativos de partes interessadas individuais, devem estar envolvidos, uma vez que o processo de planejamento não pode ser direcionado pelas preocupações de partes interessadas individuais.

Segundo os autores, posteriormente, quando a localização e a atividade se tornarem mais visíveis, as partes interessadas efetivamente afetadas poderão ser identificadas e convidadas para o processo que, dentre outras ferramentas, pode se utilizar de workshops e/ou questionários para o levantamento de informações que, a exemplo da avaliação do projeto de conservação e reabilitação da irrigação na região oeste do delta do Nilo (caso III), podem ser utilizadas em modelos computacionais que auxiliam na quantificação dos impactos e comparação de alternativas de ação.

Apesar das limitações com a abordagem dos aspectos institucionais, o DRAINFRAME contempla de forma consistente os aspectos biofísicos e sociais, adequando-se tanto às avaliações rápidas quanto às análises aprofundadas, cujos resultados dependerão do tempo e da quantidade de informações disponíveis.

Sinclair et al. (2009) divulgaram os resultados da aplicação de uma abordagem colaborativa (*community-based approach*) de AAE à segunda revisão de um programa agrícola de gestão de bacias hidrográficas da Costa Rica. A abordagem centrou-se em quatro *workshops* interativos que reuniram representantes de comunidades e agricultores das bacias Reventazón e Sarapiquí, o Instituto Costarricense de Electricidade (ICE) (proponente do programa), além de técnicos e facilitadores que apoiaram a aplicação de *visioning*, *brainstorming*, além de exercícios de reflexão crítica. Segundo os autores, a comunidade participou ativamente de todas as etapas do processo de AAE, contribuindo para a identificação de alternativas, avaliação dos impactos das alternativas e descrição de medidas de mitigação e monitoramento.

Contudo, no caso específico da etapa de avaliação dos impactos, observou-se certa dificuldade dos participantes em focar nos impactos sobre elementos mais importantes do ecossistema. Além disso, por falta de tempo hábil, não foi possível apreender os efeitos sinérgicos das alternativas, de forma que o programa, como um todo não pôde ser avaliado. Como alternativa, os autores sugerem a utilização de uma lista preliminar de impactos para dinamizar a avaliação, além de estudos e ferramentas complementares para avaliar a viabilidade econômica de algumas alternativas.

McNally (2009) descreve as contribuições da DQA para a gestão integrada dos recursos hídricos na Europa, utilizando a Irlanda como objeto de estudo. O autor aponta como principais contribuições da transposição da DQA para o direito irlandês: (I) a promoção de abordagem integrada entre os diversos setores intervenientes; (II) a cooperação técnica entre agências e instituições com responsabilidades relacionadas à gestão dos recursos hídricos; (III) a incorporação do princípio do poluidor-pagador; (IV) o reforço do papel dos PBHs que, amparados por um processo de AAE, constituem instrumentos fundamentais para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Ouyang et al. (2010) apresentam uma avaliação preliminar dos impactos ambientais do Plano de desenvolvimento dos recursos hídricos do Yellow River na China, que há época não tinha um sistema de AAE legalmente instituído. Assim, após processo que mais se assemelha à etapa inicial de AAE conhecida como *scoping*, os autores utilizaram-se da estruturação de diagramas do tipo causa-efeito considerando as atividades antrópicas na bacia, para a identificação das questões-chave de avaliação.

Posteriormente, utilizando de: (i) análises de projeções da oferta e da demanda e; (ii) a espacialização de informações relativas aos empreendimentos previstos, reservatórios e demandas locais no âmbito da bacia hidrográfica, procederam a descrição e análise de cenários e alternativas utilizando. Assim, os autores descrevem a AAE como processo capaz de oferecer uma visão ampla dos impactos positivos e negativos que podem surgir das alternativas de desenvolvimento.

Garfi et al. (2011) discutem as contribuições do método de estruturação hierárquica de preferências (*analytic hierarchy process* – AHP), proposto por Saaty (1990), para a realização das etapas de avaliação dos impactos das alternativas e descrição de medidas de mitigação e monitoramento em AAE. Os autores descrevem a aplicação da AAE para avaliar duas iniciativas de organizações não governamentais (ONGs) atuantes no semiárido brasileiro: (i) o Projeto 1 milhão de cisternas que, devido aos resultados obtidos na década de 1990 e em 2003 e os riscos crescentes da mudança climática em curso, teve seu escopo ampliado para além da construção de cisternas, a partir da estruturação de uma estratégia regional de ampliação da oferta de água, mobilização social, estabelecimento de arranjos institucionais e a utilização de recursos humanos e financeiros identificados nos níveis comunitário, municipal, microrregional e estadual, considerando as articulações com as políticas públicas da região, adquirindo, portanto, a abordagem e a organização de um programa de gestão e manejo de águas pluviais (Gnadlinger, 2008) e; (ii) o Programa de Avaliação de Nascentes, que teve como objetivo melhorar os solos degradados e a qualidade da água por meio do reflorestamento em áreas de nascentes.

Contudo, entende-se que a segunda iniciativa descrita por Garfi et al. (2011), o Programa de Avaliação de Nascente, por constituir iniciativa temporária e de objetivo específico, possui a abordagem e a estrutura de um projeto, devendo, portanto, ser objeto de AIA de projetos e não de AAE. Desse modo, apesar do artigo de Garfi et al. (2011) integrar a base de referência estruturada no presente artigo, nas análises e discussões realizadas foram desconsideradas as informações sobre a segunda iniciativa.

Nesse sentido, importante destacar que a AAE é instrumento de avaliação de ações estratégicas, que precedem a fase de projetos específicos e, portanto, não deve ser confundida com outros instrumentos de planejamento ambiental, como a Avaliação Ambiental Integrada-AAI (Agra Filho, 2023), voltada para o estudo dos impactos cumulativos de projetos do setor hidrelétrico, e a AIA de projetos individuais que, por vezes, tem abordagem limitada ao estudo dos impactos socioambientais cuja mitigação independe de ação governamental coordenada, compatibilização com outras políticas públicas ou articulação institucional relevante (Sánchez, 2017).

Segundo os mesmos autores o método AHP contribui para diferentes etapas da AAE, permitindo a identificação e seleção de critérios que refletem das partes interessadas, dada a abordagem flexível, transparente e multidisciplinar, adequada à avaliação de propostas de desenvolvimento humana, principalmente em países em desenvolvimento.

Com a premissa de que AAE pode fornecer um veículo legal e uma abordagem mais estruturada para a implementação prática dos princípios de GIRH, enquanto a GIRH pode fornecer uma compreensão abrangente e integrada das questões do setor hídrico para a AAE, Habib et al. (2013) parte da experiência internacional, mais especificamente o modelo sul-africano de GIRH, que integra ferramentas de construção coletiva de cenários futuros (*visioning*), e a abordagem canadense de avaliação ambiental estratégica regional (R-SEA), incorporando a avaliação dos efeitos cumulativos de forma sistematizada, para a definição de uma abordagem de AAE em que os atores locais da água contribuam para o planejamento estratégico no âmbito nacional.

Como principais benefícios da abordagem que, conforme Habib et al. (2013) incorpora princípios do design institucional necessário ao gerenciamento de recursos comuns, destacam-se: (I) a análise estruturada do trade-off entre os cenários de uso da água identificados, garantindo que as decisões tomadas sejam baseadas em um conjunto explícito de regras, ao mesmo tempo que ponderam as ambiguidades em níveis regional e estratégico; (II) a ênfase na integração vertical entre os níveis regional e local de gestão e avaliação, além da integração horizontal e coordenação entre os setores de desenvolvimento; (III) integração de objetivos sociais, econômicos e ambientais ao planejamento dos recursos hídricos, de tal forma que o plano de ação identificado represente o curso mais sustentável; (IV) a oportunidade de debate público sobre políticas, metas e alternativas de desenvolvimento; (V) avaliação dos efeitos cumulativos em momento adequado, permitindo que medidas sejam incorporadas aos planos de GIRH para evitar ou minimizar mudanças ambientais potencialmente adversas; (VI) identificação de critérios e indicadores que podem ser utilizados como entradas no processo de avaliação e acompanhamento do desenvolvimento do plano proposto e; (VII) melhor oportunidade de partilha de dados e indicadores comuns entre bacias transfronteiriças, além da manutenção de base de informação atualizada por meio de iniciativas de monitoramento.

Por meio de análise crítica de PBH e entrevista a colaboradores do comitê de bacia hidrográfica do Rio Pardo em São Paulo – Brasil, Pizella & Souza (2013) evidenciaram a falta de independência do CBHs na elaboração de PBH, uma vez que os processos conduzidos por consultorias se caracterizam pela ineficiência dos mecanismos de comunicação entre a equipe técnica (de consultores) e os membros dos CBHs, que muitas vezes não tem suas dúvidas sanadas. A falta de dados e informações em escala adequada ao diagnóstico e planejamento ao nível da bacia hidrográfica e a fraca articulação setorial foram também evidenciadas.

Assim, seguindo a metodologia proposta pela Diretiva Europeia sobre AAE (2001/42/EC), Pizella & Souza (2013) defendem uma abordagem transparente e participativa de AAE, realizada de forma paralela aos PBHs, que, dessa forma, traria diversas contribuições, tais como: (I) a incorporação de objetivos de sustentabilidade ambiental e socioeconômica ao PBH; (II) a articulação de diversas estratégias que incidem sobre os recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica; (III) a identificação de temas transversais a serem trabalhados ao longo do diagnóstico, prognóstico e monitoramento do PBHs; (IV) a avaliação dos impactos ambientais cumulativos, diretos e indiretos, positivos e negativos, bem como a identificação de medidas mitigadoras ou compensatórias para cada alternativa de desenvolvimento no PBH.

Segundo os mesmos autores, em AAE, o procedimento corrente prevê, após prévia desqualificação das alternativas inviáveis, a realização de uma avaliação, inicialmente qualitativa, das alternativas propostas segundo o grau de atendimento aos objetivos do PBH. Para tanto, pode-se, por exemplo, utilizar uma matriz de impactos, tendo como critério de avaliação os fatores ambientais, sociais e econômicos relevantes no território da bacia, de acordo com os temas definidos no escopo da AAE.

Sob a justificativa da incapacidade que os instrumentos baseados na mitigação dos efeitos ambientais têm de interromper a degradação progressiva do meio ambiente, Jenkins (2016) defende uma abordagem proativa, baseada na construção de estratégias regionais de sustentabilidade. Segundo o autor, embora instrumentos como a AIA de projetos, a AAE, o mapeamento de áreas sujeitas à restrição de uso, as auditorias ambientais e os relatórios de acompanhamento (normalmente baseados no modelo Pressão-Impacto-Resposta da OCDE, 2003), contribuam para a melhor localização e design das propostas de desenvolvimento, uma vez alcançados os limites de sustentabilidade, qualquer novo incremento de uso dos recursos tem efeitos adversos inaceitáveis, inviabilizando qualquer nova proposta, mesmo com efeitos adversos menores do que as anteriormente aprovadas.

Assim como Gardiner (1994), Jenkins (2016) entende que a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos depende, dentre outros aspectos, de uma avaliação ambiental (*environmental appraisal*¹) da política do setor, realizada em momento anterior à AAE dos planos de recursos hídricos, em escala biofísica apropriada, tendo como foco a disponibilidade de recursos e, não os novos planos de medidas ou projetos de intervenção. Para o autor, uma avaliação anterior pode desempenhar importante papel nesse sentido, contribuindo para a definição de uma agenda regional de objetivos e metas de desenvolvimento, com foco na alocação dos recursos hídricos e na capacidade suporte do meio.

Citando os resultados obtidos com a avaliação da sustentabilidade da Estratégia de Gerenciamento de Água de Canterbury – Nova Zelândia, Jenkins (2016) entende que, principalmente em casos de bacias hidrográficas sob estresse hídrico, não há capacidade para usos adicionais a menos que os efeitos cumulativos dos usos existentes sejam reduzidos. Portanto, há a necessidade de abordagem regional e estratégica, que implica redução dos impactos dos usos atuais, com implicações para os direitos de usos atuais e pretendidos, dado que envolve equidade em processo de alocação baseado no mérito e, não, na ordem de chegada.

Gao et al. (2017) avaliaram, por meio de estudo de caso de AAE aplicada ao Plano de Desenvolvimento da Indústria em Ordos (2005-2020) na China, o potencial de um modelo de suporte à decisão baseado em Sistema de Informações Geográficas - Water Evaluation And Planning System - WEAP (Stockholm Environment Institute – SEI, 2008) – como ferramenta analítica de descrição e análise de alternativas de desenvolvimento no âmbito do referido plano. Segundo os mesmos autores, o WEAP simula a demanda de água, o abastecimento, os fluxos e a capacidade de armazenamento, incluindo a geração, tratamento e descarga de poluição e, dessa forma, pode ser utilizado como ferramenta de análise de políticas, permitindo a avaliação de uma variedade de opções de gerenciamento de água, tendo em vista os usos múltiplos e concorrentes da água.

¹ O termo *Environmental Appraisal* foi cunhado pela primeira vez no Reino Unido, após a publicação do Relatório de Brundtland, e faz referência a uma abordagem de avaliação que contabiliza os efeitos sociais, econômicos e ambientais das políticas e projetos de desenvolvimento, buscando que sejam tomadas decisões que contribuam para o desenvolvimento sustentável. Entre as principais referências no assunto, destaca-se o guia *“Policy Appraisal and the Environment: A Guide for Government Departments”* publicado pelo Departamento de Meio Ambiente do Reino Unido em 1991. Já na década de 2000, outras avaliações, com abordagens similares foram propostas como, por exemplo, a: *Avaliação da Sustentabilidade – Sustainability Assessment* (Gibson et al., 2005).

Entre as principais vantagens da utilização do WEAP em processos de AAE destacam-se: (I) a flexibilidade no horizonte temporal de simulação (anual, mensal, semanal ou diário), permitindo rápida avaliação da quantidade e qualidade da água no horizonte de planejamento desejado; (II) a possibilidade de atuar em amplas escalas geográficas, com demanda distribuída, fornecendo uma visão geral do balanço hídrico, segundo o layout projetado para as atividades, possibilitando que profissionais de AAE considerem as características geográficas no estudo das alternativas de localização e proposição de medidas mitigadoras e; (II) o nível de agregação das informações fornecidas, ideal para a tomada de decisão em níveis estratégicos. Contudo, no caso em questão, devido a indisponibilidade de dados em escala apropriada, o modelo focou apenas as questões socioeconômicas relacionadas aos recursos hídricos, em detrimento de uma abordagem ecossistêmica, mais ampla.

Gao et al. (2017) sugerem, portanto, o desenvolvimento e aplicação de abordagens que ponderem a demanda ecossistêmica de água, bem como os efeitos das alterações climáticas no horizonte planejado. Além disso, segundo os autores, em AAE, atenção deve ser dada à construção de cenários realísticos, a fim de se obter comparações confiáveis, uma vez que, por vezes, mesmo considerando-se as tecnologias mais avançadas e as políticas mais rígidas, as alternativas propostas ultrapassam a capacidade suporte do meio. Assim, até mesmo as alternativas propostas devem ser consideradas como uma incerteza.

Ávila et al. (2018) avaliaram a vulnerabilidade ambiental da Bacia do Rio Grande em Minas Gerais-Brasil e o potencial da AAE como instrumento para a conservação e preservação dos recursos naturais. Neste caso, como ferramenta analítica para diagnóstico ambiental na Bacia foram utilizadas aplicações em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) associadas à análise multicritério baseada na metodologia de análise hierárquica de processos (AHP). Segundo os autores, a AAE mostrou-se útil na análise de aspectos técnicos, legais, governamentais e sociais.

Coelho et al. (2019) analisaram a percepção dos atores envolvidos na elaboração de planos de bacia hidrográfica em Portugal, sobre o papel dos indicadores nos processos de planejamento e gestão de recursos hídricos e no processo de avaliação ambiental estratégica de Planos de Bacia Hidrográfica. Os resultados demonstraram que na percepção desses atores, há um longo caminho a ser percorrido para que esses indicadores selecionados a partir do processo de AAE sejam utilizados para promover uma melhor comunicação e apoiar outros processos de tomada de decisão. Dentre os principais desafios, desta-se a dificuldade de consenso entre as partes acerca dos indicadores a serem utilizados. Os autores sugerem que a utilização de indicadores deve ser melhorada por meio da padronização dos indicadores a serem utilizados, levando-se em consideração os dados disponíveis, a necessária transversalidade e a possibilidade de se estabelecer comparações espaciais e temporais entre os planos de uma mesma bacia e/ou planos de bacias diferentes.

Calderón (2020) entende que os desafios da GIRH no Chile não podem ser superados considerando-se apenas os instrumentos previstos pela legislação hídrica. Nesse sentido, sugere que sejam fortalecimento jurídico das demandas da GIRH e dos aspectos normativos de caráter internacional, bem como a integração de outros instrumentos, além dos da legislação hídrica, como, por exemplo, a Avaliação Ambiental Estratégica.

Santos et al. (2021) propuseram que a priorização dos programas previstos no Plano da Bacia do Rio Japarutuba em Sergipe-Brasil, fosse realizada sob o escopo da AAE, associada à técnicas de geoprocessamento e análise multicritério, aplicando-se o método AHP. A partir desse estudo de caso, os autores concluíram que as ferramentas analíticas utilizadas no estudo ampliaram o contexto de critérios ambientais a serem observados em futuras revisões do Plano.

Grigoletto Duarte et al. (2022), exploraram três potenciais contribuições da AAE para o Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Sub-bacia do reservatório Billings, em São Paulo – Brasil, a saber: a explicitação e compatibilização dos objetivos Plano com os objetivos de outras ações estratégicas na sub-bacia hidrográfica; a definição de um escopo mais estratégico para Plano, considerando outros fatores e setores intervenientes e; o estudos dos impactos das alternativas de desenvolvimento propostas nos Plano.

3.2 FERRAMENTAS ANALÍTICAS DE SUPORTE ÀS AAEs APLICADAS AO PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A base de referência estruturada permitiu a análise de artigos relacionados às discussões acerca da inserção da AAE no contexto do planejamento e gestão dos recursos hídricos e estudos de caso com aplicações da AAE associadas à diversas ferramentas analíticas. No contexto do presente artigo, entende-se como ferramentas analíticas as técnicas de avaliação de impactos ambientais, bem como as aplicações e metodologias de suporte à decisão utilizadas nas diversas etapas da AAE. O Quadro 2,

apresenta as etapas da AAE abordadas e as ferramentas analíticas descritas e/ou discutidas em cada um dos artigos científicos da base de referência.

Quadro 2. Etapas da AAE e ferramentas analíticas abordadas na base de referência

	Etapas da AAE abordadas	Ferramentas analíticas descritas	Autores/Ano
1	-	-	Gardiner (1992)
2	-	-	Gardiner (1994)
3	Avaliação dos impactos das alternativas	Checklist; Matrizes de Interação e Consulta <i>Ad hoc</i>	Uprety (2005)
4	Descrição e análise de cenários e alternativas	Modelagem e sistemas de suporte à decisão (SSD)	Nardini & Fahmy (2005)
5	-	-	Carter & Howe (2006)
6	Descrição e análise de cenários e alternativas	Modelagem e sistemas de suporte à decisão (SSD)	Slootweg et al. (2007)
7	Descrição e análise de cenários e alternativas	<i>Workshops, Visioning e Brainstorming</i>	Sinclair et al. (2009)
8	-	-	McNally (2009)
9	Delimitação do âmbito (<i>scoping</i>)	Árvores de decisão e diagramas de causa-efeito.	Ouyang et al. (2010)
	Descrição e análise de cenários e alternativas	Técnicas de geoprocessamento	
	Proposição de medidas de mitigação e monitoramento	Análise multicritério	
10	Descrição e análise de cenários e alternativas	Análise multicritério - método AHP	Garfi et al. (2011)
11	Descrição e análise de cenários e alternativas	<i>Workshops, Visioning e Brainstorming</i>	Habib et al. (2013)
	Avaliação dos impactos das alternativas	Abordagem R-SEA para efeitos cumulativos	
12	Delimitação do âmbito (<i>scoping</i>)	Análise documental e de conteúdo	Pizella & Souza (2013).
	Avaliação dos impactos das alternativas	Matrizes de interação	
	Proposição de medidas de mitigação e monitoramento	Painel de indicadores e objetivos de sustentabilidade	
13	-	-	Jenkins, B.R. (2016).
14	Descrição e análise de cenários e alternativa	Modelagem e Sistema de Suporte à Decisão (SSD)	Gao et al. (2017).
15	Estudos e análise da base ambiental (<i>Baseline</i>)	Técnicas de geoprocessamento e Análise Multicritério	Ávila et al. (2018).
16	Avaliação dos impactos das alternativas	Painel de indicadores e objetivos de sustentabilidade	Coelho et al. (2019).
17	-	-	Calderón (2020).
18	Descrição e análise de cenários e alternativas	Técnicas de geoprocessamento e Análise multicritério – método AHP	Santos et al. (2021).
19	Delimitação do âmbito (<i>scoping</i>)	Análise documental e de conteúdo	Grigoletto Duarte et al. (2022).
	Proposição de medidas de mitigação e monitoramento	Painel de indicadores e objetivos de sustentabilidade	

Considerando-se todas as etapas sequenciais básicas, previstas para processos de AAE, a saber: (i) triagem (*screening*); (ii) delimitação do âmbito (*scoping*); (iii) estudos e análise da base ambiental (*baseline*) (iv) descrição e análise de cenários e alternativas; (v) avaliação dos impactos das alternativas; (vi) descrição de medidas de mitigação e monitoramento e; (vi) relatório e documentação, as etapas mais discutidas nas publicações foram a etapa de descrição e análise cenários e alternativas, discutida em oito publicações, e a etapa de avaliação dos impactos das alternativas, descrita em 5 publicações. As etapas de triagem e relatório/documentação, não foram discutidas em nenhuma publicação (Figura 5).

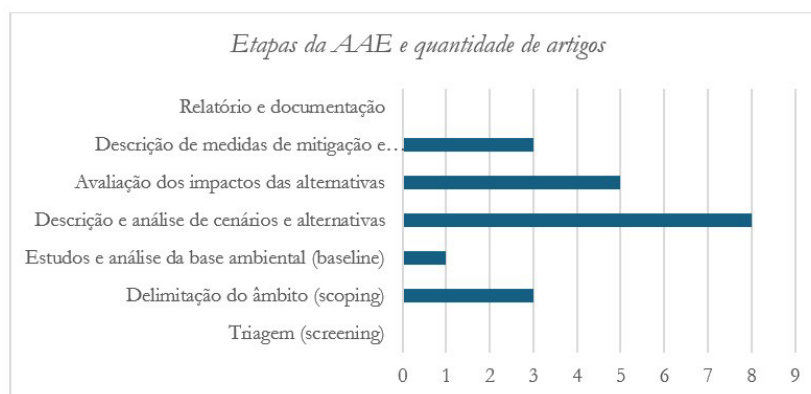


Figura 5. Etapas da AAE e quantidade de artigos científicos com discussões relacionadas

Uma diversidade de ferramentas analíticas foram descritas para a integração da AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos, englobando desde ferramentas provenientes de métodos utilizados em Avaliação de Impacto (AI) de Projetos, como, por exemplo: *checklists*, matrizes de integração, técnicas de geoprocessamento e análise ambiental, até ferramentas bastante utilizadas na formulação e avaliação de políticas públicas, como, por exemplo: as consulta *Ad-hoc* e os painéis de indicadores e objetivos de sustentabilidade, incluindo os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (Agenda 2030, 2015), os modelo Pressão-Estado-Resposta, proposto Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (Organization for Economic Cooperation and Development, 1993).

Nas abordagens mais participativas de AAE, as ferramentas analíticas provenientes das ciências sociais foram frequentemente descritas, com destaque para a realização de *whokshoping* e construção e análise colaborativa de cenários. De outra parte, em AAEs aplicadas em escala nacional, foi frequente o uso de sistemas robustos de modelagem numérica e especial, com auxílio de Sistemas de Suporte à Decisão (SSD).

A análise multicritério, com destaque para o método AHP, foi a ferramenta analítica mais abordada nos artigos científicos que integraram a base de referência estruturada, seguida das técnicas de geoprocessamento, da modelagem e SSD e dos painéis de objetivos de sustentabilidade. Em relação ao método AHP, Garfi et al. (2011), destaca as potenciais contribuições para diferentes etapas da AAE, permitindo a avaliação de diferentes critérios, por meio de uma abordagem multidisciplinar, relevante no contexto dos países em desenvolvimento, onde as propostas de desenvolvimento devem priorizar aspectos relacionados à qualidade de vida e desenvolvimento humano.

A esse respeito, oportuno destacar que, a resolução de problemas complexos como os envolvidos na GIRH, pressupõe integração e coerência entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais bem como o envolvimento dos diversos atores relacionados, cada um com seus interesses e diferentes níveis de poder, pressupõe a utilização de abordagens e instrumentos adequados capazes de lidar com:

- A existência de vários objetivos e critérios de avaliação cuja hierarquização não é fácil de estabelecer;
- A dificuldade em se definir e explicitar (quali e quantitativamente) as características das alternativas de desenvolvimento avaliadas;
- A necessidade de se justificar as escolhas de uma forma clara, principalmente em processos públicos de decisão que envolvem considerações técnicas e políticas.

Nesse contexto, as metodologias de análise multicritério devem buscar atender dois objetivos simultaneamente: aumentar a coerência das tomadas de decisão e observar os sistemas de valores dos diversos atores direta ou indiretamente envolvidos na decisão, incorporando aspectos subjetivos na escolha e avaliação de alternativas (Ensslin et al., 2001; Belton & Stewart, 2002).

Além disso, apesar da diversidade de métodos possíveis, os diferentes contextos de decisão, variam em função da quantidade de informação disponível para apoiar a análise, da capacidade analítica dos atores sociais envolvidos no processo, bem como dos diferentes paradigmas que sustentam os processos decisórios. Desse modo, é possível afirmar que não existe metodologia de análise multicritério que não apresente limitações (Hajkowicz & Collins, 2007; Coelho, 2014).

No caso específico do método AHP, um aspecto controverso é a conversão de uma escala semântica (verbal) para uma escala numérica, que é utilizada para comparar critérios e alternativas, com valores variando entre 1 e 9 (Harker & Vargas, 1990; Ishizaka & Labib, 2009). Além da subjetividade inerente a esse tipo de abordagem, a qualidade das informações disponíveis parece ser determinante, dada a influência que pode exercer na capacidade de julgamento dos decisores.

O Quadro 3 a seguir apresenta as ferramentas analíticas abordadas pela base de referência estruturada, bem como as etapas da AAE em foram empregadas.

Quadro 3. Ferramentas analíticas propostas para AAEs voltadas ao planejamento e gestão dos recursos hídricos

Etapa da AAE	Ferramentas analíticas propostas
Triagem (<i>screening</i>)	-
Delimitação do âmbito (<i>scoping</i>)	Árvores de decisão; Diagramas de causa-efeito; Análise documental e de conteúdo.
Estudos e análise da base ambiental (<i>baseline</i>)	Técnicas de geoprocessamento e Análises Multicritério.
Descrição e análise de cenários e alternativas	<i>Whorkshops; Visioning; Brainstorming</i> ; Técnicas de geoprocessamento; Análises multicritério, Modelagem, Sistema de Suporte à Decisão
Avaliação dos impactos das alternativas	<i>Checklist</i> ; Matrizes de interação; Consultas <i>Ad-Hoc</i> ; Avaliação dos efeitos cumulativos (abordagem R-SEA); Painéis de indicadores e objetivos de sustentabilidade (ODS, Modelo P-E-R e Rede Natura 2000).
Descrição de medidas de mitigação e monitoramento	Análises multicritério e Painéis de indicadores e objetivos de sustentabilidade (ODS, Modelo P-E-R e Rede Natura 2000).
Relatório e documentação	-

Fonte: Os autores (2023).

4 CONCLUSÕES

Este artigo analisa o estado da arte de aplicação da AAE como instrumento de gestão integrada dos recursos hídricos, identificando as principais ferramentas analíticas empregadas em processos de AAE voltados para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para tanto, foram utilizados como referência artigos científicos publicados entre 1992 e 2023.

Os setores de planejamento e gestão dos recursos hídricos e gestão de bacias hidrográficas são os mais representativos em termos de adoção da AAE como instrumento de planejamento. Além disso, os casos de aplicação da AAE em países em desenvolvimento foram mais frequentes, sendo a bacia hidrográfica a unidade de planejamento mais adotada.

Em síntese, para quase todas as etapas da AAE voltadas para o planejamento e gestão de recursos hídricos são descritas ferramentas analíticas de suporte a decisão, que englobam uma experiência técnica acumulada com a prática de avaliação de impacto de projetos e formulação de políticas públicas. As técnicas provenientes das ciências sociais e da análise prospectiva de cenários, foram também descritas.

As etapas de descrição e análise de cenários e avaliação dos impactos das alternativas são as etapas mais com maior número de ferramentas analíticas propostas. De outra parte, para as etapas de triagem e documentação não foram propostas ferramentas analíticas.

A análise multicritério, com destaque para o método AHP, é a ferramenta analítica mais descrita na literatura voltada à aplicação da AAE no planejamento e gestão dos recursos hídricos. A ferramenta tem contribuições descritas nas etapas de estudos e análise da base ambiental, descrição e análise de cenários e alternativas e; descrição de medidas de mitigação e monitoramento.

Como ferramentas analíticas na AAE, as análises multicritério atuam como um mecanismo hierarquização de objetivos e alternativas em contextos complexos como os envolvidos na construção de PBHs, ampliando a compreensão das consequências das ações propostas, a partir da geração e comunicação de informações coerentes à tomada de decisão sustentável.

Por fim, muito embora parte dos artigos revisados tenham descrito AAEs “orientadas para a sustentabilidade”, evidenciando processos de avaliação que ponderaram de forma equilibrada os fatores sociais, ambientais e econômicos, oportuno destacar que tal distinção é, de fato, equivocada, uma vez que a AAE é instrumento comprometido com os princípios do desenvolvimento sustentável e, por esse motivo, em todos os seus casos de aplicação deve sempre buscar a integração da sustentabilidade no processo de planejamento.

5 REFERÊNCIAS

Agenda 2030. (2015). *ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável*. Recuperado em 1 de dezembro de 2023, de <http://www.agenda2030.com.br/>

- Agra Filho, S. S. (2023). A Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) e a inserção da sustentabilidade nos planos de bacias hidrográficas: uma proposta. *Revista de Gestão da Água da América Latina*, 20, e11.
- Arce, R., & Gullón, N. (2000). The application of Strategic Environmental Assessment to sustainability assessment of infrastructure development. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), 393-402. [http://doi.org/10.1016/S0195-9255\(00\)00050-0](http://doi.org/10.1016/S0195-9255(00)00050-0)
- Ávila, P. A., Moras Filho, L. O., Mendonça, N. P., Borges, L. A. C., Gomide, L. R., & Acerbi Júnior, F. W. (2018). Relevance of strategic environmental assessment to rio grande basin management. *Cerne*, 24(3), 225-232. <http://doi.org/10.1590/01047760201824032559>
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Norwell: Kluwer Academic Publishers. <http://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>
- Braga, B. P. F., Flecha, R., Thomas, P., Cardoso, W., & Coelho, A. C. (2009). Integrated water resources management in a federative country: the case of Brazil. *International Journal of Water Resources Development*, 25(4), 611-628.
- Calderón, R. C. (2020). *The integrated management of water resources in the regulation of the waters. identification and advances proposal starting from in force instruments*. Chile: Programa de Derecho Administrativo Económico, Facultad de Derecho, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Carter, J., & Howe, J. (2006). The water framework directive and the strategic environmental assessment directive: exploring the linkages. *Environmental Impact Assessment Review*, 26(3), 287-300. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.05.001>
- Coelho, R. (2014). Avaliação multicritério aplicada ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. *Revista da UIIPS*, 2(4), 36-54. Recuperado em 1 de dezembro de 2023, de https://www.ipsantarem.pt/wp-content/uploads/2014/11/Revista-da-UIIPS_N4_Vol2_ESAS_2014.pdf
- Coelho, R., Coelho, P. S., Antunes, P., & Ramos, T. B. (2019). Stakeholders perspectives on the use of indicators in water resources planning and related strategic environmental assessment. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 21(1), 1950001. <http://doi.org/10.1142/S1464333219500017>
- Dalal-Clayton, B., & Sadler, B. (2005). *Strategic Environmental Assessment: a sourcebook and reference guide to international experience* (504 p.). London: Earthscan.
- Duarte, C. G., Souza, L. R., & Santos, S. M. (2022). Contributions of the French Strategic Environmental Assessment to Brazilian planning in water source areas: the billings reservoir sub-basin case. *Sustainability in Debate*, 13(1), 116. <http://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n1.2022.40637>
- Elabras Veiga, L. B., & Magrini, A. (2013). The Brazilian water resources management policy: fifteen years of success and challenges. *Water Resources Management*, 27(7), 2287-2302. <http://doi.org/10.1007/s11269-013-0288-1>
- Elsevier. (2023). *Scopus: content*. Recuperado em 20 de janeiro de 2023, de <https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content>
- Ensslin, L., Montibeller Neto, G., & Noronha, S. M. (2001). *Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas* (296 p.). Florianópolis: Editora Insular.
- Espinosa, H. R. M. (1996). Diretrizes para uma política ambiental sustentabilista. *Avaliação de Impactos*, 1(2), 79-87.
- Fischer, T. B., & Onyango, V. (2012). Strategic environmental assessment-related research projects and journal articles: an overview of the past 20 years. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(4), 253-263. <http://doi.org/10.1080/14615517.2012.740953>
- Gao, J., Christensen, P., & Li, W. (2017). Application of the WEAP model in strategic environmental assessment: experiences from a case study in an arid/semi-arid area in china. *Journal of Environmental Management*, 198, 363-371. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.068>
- Gardiner, J. (1992). Strategic environmental assessment and the water environment. *Project Appraisal*, 7(3), 165-169. <http://doi.org/10.1080/02688867.1992.9726858>
- Gardiner, J. L. (1994). Sustainable development for river catchments. *Water and Environment Journal: the Journal / the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 8(3), 308-319. <http://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1994.tb01109.x>
- Garfi, M., Ferrer-Martí, L., Bonoli, A., & Tondelli, S. (2011). Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes: a case study in semi-arid region of Brazil. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 665-675. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.007>
- Gibson, R. B., Hassan, S., Holtz, S., Tansey, J., & Whitelaw, G. (2005). *Sustainability assessment: criteria and processes*. London: Earthscan

- Gnadlinger, J. (2008). Rainwater harvesting management (RWHM) for climate change adaptation in the rural area of semi-arid Brazil. In *3rd International RWHM Workshop, World Water Congress*. Vienna, Austria.
- Grigoletto Duarte, C., Ribeiro Souza, L., & Mendonça dos Santos, S. (2022). Contributions of the French Strategic Environmental Assessment to Brazilian planning in water source areas: the Billings Reservoir sub-basin case. *Sustentabilidade em Debate*, 13(1), 116. <http://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n1.2022.40637>
- Habib, H., Anceno, A. J., Fiddes, J., Beekma, J., Ilyuschenko, M., Nitivattananon, V., & Shipin, O. V. (2013). Jumpstarting post-conflict strategic water resources protection from a changing global perspective: gaps and prospects in afghanistan. *Journal of Environmental Management*, 129, 244-259. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.07.019>
- Hajkovicz, S., & Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21(9), 1553-1566. <http://doi.org/10.1007/s11269-006-9112-5>
- Harker, P. T., & Vargas, L. G. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36(3), 269-273. <http://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.269>
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2009). Analytic hierarchy process and expert choice: benefits and limitations. *OR Insight*, 22(4), 201-220. <http://doi.org/10.1057/ori.2009.10>
- Jenkins, B. R. (2016). From mitigation to sustainability: the evolution of incorporating environmental factors into development decisions in australasia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 11(6), 920-929. <http://doi.org/10.2495/SDP-V11-N6-920-929>
- Lanna, A., Hubert, G., & Pereira, J. (2012). Os novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão de recursos hídricos: II reflexões e propostas para o Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(2), 81-107. <http://doi.org/10.21168/rbrh.v7n2.p81-107>
- Liefferink, D., Wiering, M., & Uitenboogaart, Y. (2011). The EU water framework directive: a multi-dimensional analysis of implementation and domestic impact. *Land Use Policy*, 28(4), 712-722.
- Liu, B., & Speed, R. (2009). Water resources management in the people's Republic of China. *International Journal of Water Resources Development*, 25(2), 193-208.
- Machado, C. J. S. (2003). A gestão francesa de recursos hídricos: descrição e análise dos princípios jurídicos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(4), 31-47. <http://doi.org/10.21168/rbrh.v8n4.p31-47>
- McNally, T. (2009). Overview of the EU water framework directive and its implementation in Ireland. *Biology and Environment*, 109(3), 131-138. <http://doi.org/10.3318/BIOE.2009.109.3.131>
- Montaño, M., & Souza, M. P. (2016). Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21(3), 489.
- Nardini, A., & Fahmy, H. (2005). Integrated evaluation of egypt's water resources plans. *Water International*, 30(3), 314-328. <http://doi.org/10.1080/02508060508691872>
- Organization for Economic Cooperation and Development – OECD. (1993). *Environmental indicators: development, measurement and use*. Paris: OECD.
- Ouyang, W., Hao, F., Cheng, H., Wang, X., & Ren, X. (2010). Chinese Strategic Environmental Assessment system and its application in water resources development plan of the Yellow River. *International Journal of Environment and Waste Management*, 5(1-2), 181. <http://doi.org/10.1504/IJEW.2010.029706>
- Partidário, M. R. (2007). Scales and associated data: what is enough for SEA needs? *Environmental Impact Assessment Review*, 27(5), 460-478. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.02.004>
- Pizella, D. G., & Souza, M. P. (2013). Avaliação ambiental estratégica de planos de bacias hidrográficas. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 18(3), 243-252. <http://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300007>
- Saaty, T. L. (1990). *The analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Sánchez, L. E. (2017). Por que não avança a avaliação ambiental estratégica no Brasil? *Estudos Avançados*, 31(89), 167-183. <http://doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890015>
- Santos, C. Z. A., Bezerra, T. S. C., Pedrotti, A., Mélo Júnior, A. V., & Gomes, L. J. (2021). Multi-criteria analysis for selection of priority management programs for the Japarutuba River Basin, SE, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(10), 717-724. <http://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p717-724>
- Santos, S. M., Souza, M. M. P., Bircol, G. A. C., & Ueno, H. M. (2020). Planos de Bacia e seus desafios: o caso da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – SP. *Ambiente & Sociedade*, 23, e02342. <http://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170234r2vu202011ao>

- Sinclair, A. J., Sims, L., & Spaling, H. (2009). Community-based approaches to strategic environmental assessment: lessons from costa rica. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(3), 147-156. <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.10.002>
- Slootweg, R., Hoevenaars, J., & Abdel-Dayem, S. (2007). DRAINFRAME as a tool for integrated strategic environmental assessment: lessons from practice. *Irrigation and Drainage*, 56(S1), S191 -S203. <http://doi.org/10.1002/ird.344>
- Uprety, B. K. (2005). Biodiversity considerations in strategic environmental assessment: a case study of the nepal water plan. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 7(2), 247-266. <http://doi.org/10.1142/S1464333205002055>
- Vargas, M. C. (1999). O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. *Ambiente & Sociedade*, (5), 109-134.
- Vicente, F., & Méndez, G. (2015). Strategic environment assessment of river basin management plans: proposal for an integrated assessment. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 17(3), 1550029.

Contribuições dos autores:

Simone Mendonça dos Santos: delimitação do tema, revisão sistemática da literatura, análise crítica dos resultados e redação do manuscrito.

Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo: delimitação do tema e análise crítica dos resultados.